# I/ Définitions : 1/ Courant électrique

a/ Définition : Un courant électrique est une circulation de porteurs de charges électriques. L'intensité du courant électrique est la grandeur qui quantifie le débit de charge en un point de circuit

$$i = \frac{dq}{dt}$$

b/ Loi des intensités = Loi des noeuds

A un noeud N de circuit (point de connexion), la somme des courants entrants est égale à la somme des courants sortants

$I_1$, $I_2$, $I_3$, $I_4$, $I_5$, N

$$\sum I_e = \sum I_s$$

$$I_1 + I_5 = I_2 + I_3 + I_4$$

2/ Tension électrique ou différence de potentiel : ddp

c'est une variable d'effort. Pour obtenir une circulation de courant dans un circuit, il faut qu'au moins 2 points de ce circuit soient à un instant donné à des potentiels différents. C'est une grandeur algébrique.

On note $U_{AB} = V_A - V_B$ la tension entre les points A et B

A, B, $U_{AB}$

a/ Loi des tensions = Loi des mailles

Dans une maille, la somme algébrique des tensions est nulle

b/ Loi d'Ohm :

Un conducteur ohmique ou résistor linéaire, possède une caractéristique courant-tension linéaire. La tension appliquée est proportionnelle à l'intensité du courant : $U = R \cdot I$

2/ Dipôle

a/ Définition : c'est un élément de circuit électrique comportant 2 bornes. La relation $u = f(i)$ est appelé caractéristique du dipôle

b/ Convention de fléchage :

Convention Récepteur

i, A, B, $U_{AB}$

tension et courant sont fléchés en sens contraire

Convention Générateur

i, A, B, $U_{AB}$

tension et courant sont fléchés en même sens



## c/ Puissance electrique

La puissance instantaneé mise en jeu par un dipôle est : $p = u.i$

Pour un generateur (recepteur) la puissance est fournie (consommeé)

# II/ Les dipoles lineaires

Ce sont des dipôles pour lesquels la fonction f telle que $u = f(i)$ est une fonction differentielle à coefficients constants :

Exemples : $u = A$ ; $u = Ai$ ; $u = Ai + B.\frac{di}{dt}$

## 1/ Resistances :

a/ Equation caracteristique : $u = Ri$

b/ Puissance consomeé : $p = Ri^2 = \frac{u^2}{R}$

$p > 0$ ; la resistance est un element dissipatif

c/ Lois d'association

En serie $R_{eq} = R_1 + R_2 + \cdots$ ; En parallele : $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots$

d/ Conductance d'une resistance

c'est la grandeur G telle que : $G = \frac{1}{R}$ unite (S) siemens

e/ Expression de la resistance :

Très souvent, le resistor est constitué d'un fil de longueur $\ell$ et de section S (en cuivre, aluminium, argent, ...)

La resistivité $\rho$ caracterise l'aptitude plus ou moins grande du materiau à laisser passer le courant electrique

$R = \rho \frac{\ell}{S}$ R : resistance ($\Omega$) ; $\rho$ : resistivité ($\Omega.m$) ; $\ell$(m) ; S($m^2$)

variation de la resistance : $R = R_0(1 + a\theta)$

$\theta$ (°C) ; $R_0$ : resistante à 0°C ; a : coefficient de temperature ($°C^{-1}$) (depend du materiau)

f/ Conducteur ideal : c'est un conducteur, supposé, de resistance nulle $R=0$

## 2/ Condensateurs

a/ Equation caractéristique :

$q = Cu \Rightarrow \frac{dq}{dt} = C.\frac{du}{dt} \Rightarrow i = C.\frac{du}{dt}$ ;

b/ Puissance instantaneé

$p = ui = Cu\frac{du}{dt} = C.\frac{1}{2}\frac{du^2}{dt}$

l'energie echangeé entre 2 instants $t_1$ et $t_2$ : $W = \frac{1}{2}C(u_f^2 - u_i^2)$

c/ Lois d'associations :

En parallèle : $C_{eq} = C_1 + C_2 + \ldots$ En serie : $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots$

d/ Structure

Un condensateur est un dipôle constitué de 2 conducteurs métalliques (armatures ou plaques) séparés par un isolant (ou diélectrique). Alimenté sous une tension U, le condensateur se charge (accumulation de charges electriques sur les plaques). Les charges sont egales en valeur absolue mais de signes opposés

diélectrique

e/ Caracteristiques

Capacité : $C = \varepsilon_0 . \varepsilon_r . \frac{S}{d}$

$S$ ($m^2$) : surface des plaques ; d : epaisseur du diélectrique ; C : capacité (F)

$\varepsilon_0$ : permittivité electrique du vide ; $\varepsilon_r$ : permittivité du diélectrique

$$\varepsilon_0 = 8{,}85 . 10^{-12} = \frac{1}{36\pi . 10^9}$$

charge accumulée : $Q = C . U$

Le champ electrique à l'interieur du condensateur est $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon_0 . S}$

Energie emmagasinée par le condensateur sous la tension U :

$$W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} . \frac{Q^2}{C}$$

3/ Inductances

a/ Equation caractéristique :

Une inductance L est un dipôle telque : $u = L . \frac{di}{dt}$

Cette relation vient de l'expression du flux du champ magnetique et de la loi de Faraday (voir magnétostatique) : ($\phi = Li$ et $u = \frac{d\phi}{dt} = L . \frac{di}{dt}$)

b/ Puissance consommée

$$p = ui = Li \frac{di}{dt} = \frac{1}{2} L \frac{di^2}{dt}$$

l'energie echangée entre 2 instants $t_1$ et $t_2$ : $W = \frac{1}{2} L (i_f^2 - i_i^2)$

c/ Lois d'association

En serie : $L_{eq} = L_1 + L_2 + \ldots$ En parallèle : $\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \ldots$

d/ Bobine : Une bobine réelle est modelisée par l'association en serie d'une inductance ideale L et d'une résistance r

avec $u = L \frac{di}{dt} + r . i$

## 4/ Source de tension

a/ Symbole et equation caractéristique

Une source idéale de tension est un dipôle tel que :

$u = e_{th}$ quelque soit $i$ (On note parfois $E_{TH}$)

b/ Puissance : $p = ui = E_{TH} \cdot i$ ↳ et on considère $E_{TH} = Cte$

c/ Associations : $E_{eq} = E_1 + E_2$ en serie

En parallele : il est interdit de placer en parallele 2 sources de tensions délivrant des tensions differentes.

Remarque : Un conducteur parfait doit être consideré comme une source de tension nulle ; $U = 0 \quad \forall i$

## 5/ Sources de courant

a/ Symbole et equation caractéristique.

Une source idéale de courant est un dipôle tel que :

$i = i_N$ quelque soit $u$ (On note parfois $I_N$ et on prend $I_N = Cte$)

b/ puissance maximale : $p = u \cdot i = U_{max} \cdot I_N$

c/ Associations :

En parallele : $I_{eq} = I_1 + I_2$

En serie : Il est interdit de placer en serie 2 sources de courant delivrant des courants d'intensités differentes

[illegible]

Diviseur de tension ; diviseur de courant

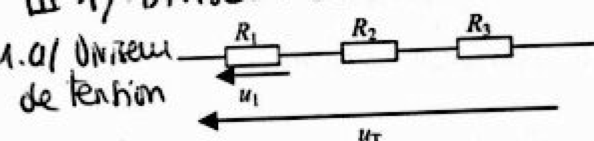
Diviseur de tension :

III / Méthodes d'étude des circuits

III 1/ Diviseur de tension - Diviseur de courant

1.a/ Diviseur de tension

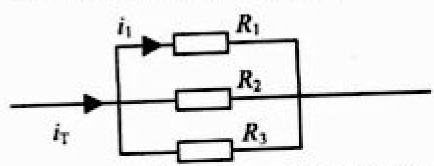





Lorsque plusieurs résistances sont en série, la tension aux bornes de l'une d'entre elle peut être déterminée par la relation :

$$u_1 = u_T \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} = u_T \cdot \frac{R_1}{\sum_i R_i} \qquad \text{(I-27)}$$

**III.1.b. Diviseur de courant.**




Lorsque plusieurs résistances sont en parallèle, le courant qui traverse l'une d'entre elle peut être calculé par la relation :

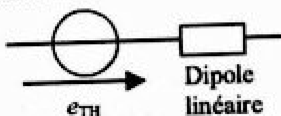
$$i_1 = i_T \cdot \frac{G_1}{G_1 + G_2 + G_3} = i_T \cdot \frac{G_1}{\sum_i G_i} = i_T \cdot \frac{\frac{1}{R_1}}{\sum_i \frac{1}{R_i}} \qquad \text{(I-28)}$$

## III.2. Générateurs réels

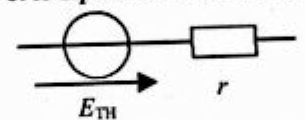
### III.2.a. Modèle de Thévenin et modèle de Norton d'un générateur réel

Beaucoup de générateurs ne peuvent pas être considérés comme des sources idéales. Ils sont alors modélisés (dans un certain domaine de fonctionnement et au prix de quelques approximations) par l'association d'une source idéale et d'un dipôle linéaire.

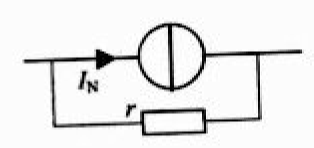
**Le modèle équivalent de Thévenin** (ou M.E.T.) d'un générateur réel comporte une source de tension en série avec un dipôle linéaire :




En continu la source de tension est une source de tension continue et le dipôle linéaire une résistance.




**Le modèle équivalent de Norton** (ou M.E.N) d'un générateur réel comporte une source de courant en parallèle avec un dipôle linéaire. En continu c'est l'association en parallèle d'une source de courant et d'une résistance :



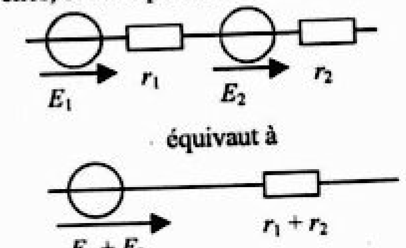

**Equivalence des deux modèles :**

Les résistances r des deux modèles sont les mêmes. Les trois paramètres $E_{TH}$, $I_N$ et $r$ sont liés par la relation :

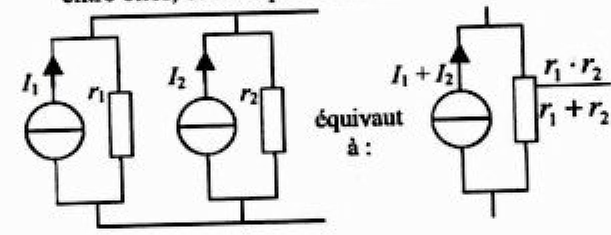
$$E_{TH} = r \cdot I_N \qquad \text{(I-29)}$$

### III.2.b. Lois d'associations des générateurs réels.

- **En série** : On transforme chaque générateur en M.E.T., puis on associe les sources de tensions entre elles, et les dipôles linéaires entre eux :



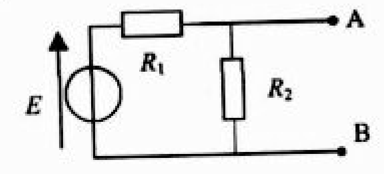

- **En parallèle** : On transforme chaque générateur en M.E.N., puis on associe les sources de courant entre elles, et les dipôles linéaires entre eux :




## III.3. Théorème de Thévenin et de Norton.

Toute portion de circuit comprise entre 2 bornes A et B et qui ne contient que des éléments linéaires peut être modélisée par un unique générateur équivalent de Thévenin ou de Norton.

**Exemple :**




### III.3.a. Valeur à donner à $E_{TH}$

C'est la même que la valeur de la tension existant "à vide" entre A et B, c'est à dire celle que relèverait un voltmètre idéal placé entre les bornes A et B.

Pour l'exemple précédent on a :

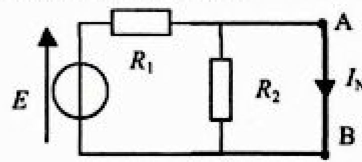


$$E_{TH} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot E \qquad \text{: diviseur de tension.}$$

#### III.3.b. Valeur à donner à $I_N$

C'est celle de l'intensité qui circulerait à travers un fil reliant les bornes A et B c'est à dire celle mesurée par un ampèremètre idéal placé entre A et B.

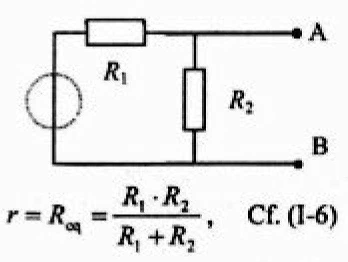
Dans notre exemple on obtient :




soit : $I_N = \frac{E}{R_1}$ ; $R_2$ étant court-circuitée.

#### III.3.c. Valeur à donner à $r$

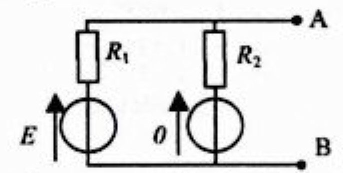
C'est la résistance équivalente à celle du dipôle AB rendu passif, soit pour l'exemple celui de la figure ci-dessous :



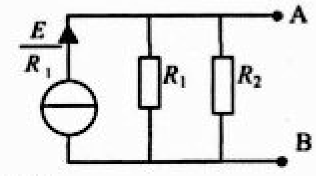

$$r = R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}, \quad \text{Cf. (I-6)}$$

**Remarques :**

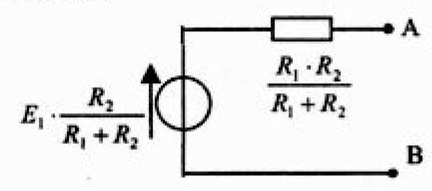
- La relation (I-29) liant ces trois valeurs, la détermination de deux d'entre elles est suffisante pour réaliser la modélisation.
- On aurait pu utiliser les lois d'association des générateurs pour trouver le résultat : Dans l'exemple précédent on peut considérer qu'il s'agit de 2 générateurs en parallèles :




que l'on transforme en modèles de Norton équivalents :




Ce qui conduit à :



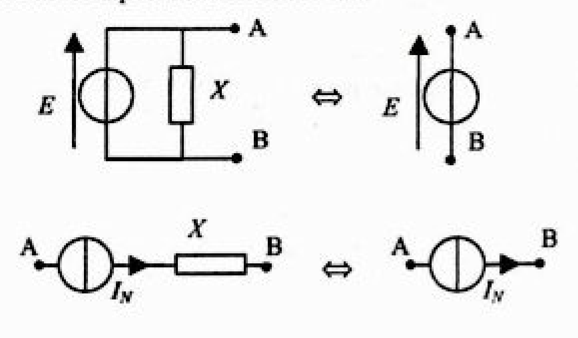

**L'intérêt est que l'on peut remplacer ensuite cette portion de circuit par le dipôle équivalent trouvé, ce qui peut faciliter la résolution d'un problème.**

#### III.3.d. Bon à savoir !

Lorsqu'on cherche le modèle équivalent d'un circuit on doit aussi appliquer les 2 règles suivantes :

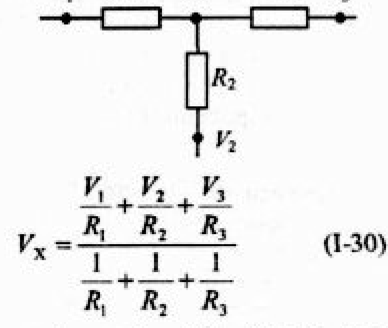
Tous les dipôles en parallèle avec une source de tension idéale peuvent être enlevés : En effet le générateur idéal de tension impose la tension à ses bornes quels que soient les dipôles reliés à ces mêmes bornes. Si ce n'était pas le cas, ce ne serait pas un générateur idéal de tension.

Tous les dipôles en série avec une source de courant idéale peuvent être enlevés : le générateur idéal de courant impose le courant qui le traverse quels que soient les dipôles en série avec lui..



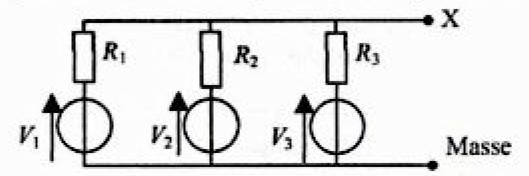

### III.4. Théorème de Millman.

Il permet de trouver le potentiel d'un point du circuit lorsqu'on connaît les autres.

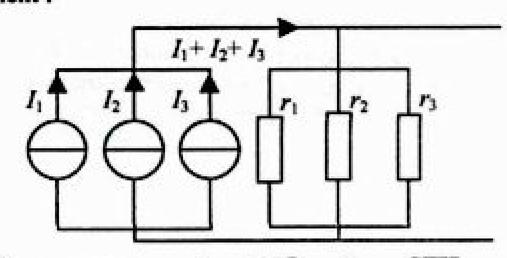



$$V_X = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \qquad \text{(I-30)}$$

La démonstration est immédiate à l'aide de la modélisation par un ensemble de 3 générateurs en parallèle :




En remplaçant par les modèles de Norton équivalent on obtient :




ETUSUP.com